

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-36403
(P2000-36403A)

(43) 公開日 平成12年2月2日 (2000.2.2)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ページ数 (参考)
H 0 1 F 1/08		H 0 1 F 1/08	A 5 E 0 4 0
41/02		41/02	G 5 E 0 6 2

審査請求 未請求 請求項の数30 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平10-205647

(22) 出願日 平成10年7月21日 (1998.7.21)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 秋岡 宏治

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 中村 良樹

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100093388

弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 希土類ボンド磁石用組成物、希土類ボンド磁石および希土類ボンド磁石の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 潤滑剤を添加することによる機械的強度の減少等が少なく、成形性に優れた希土類ボンド磁石用組成物、希土類ボンド磁石および希土類ボンド磁石の製造方法を提供する。

【解決手段】 本発明の希土類ボンド磁石は、希土類磁石粉末と、熱可塑性樹脂からなる結合樹脂と、フッ素系樹脂粉末とを含む磁石用組成物とを用い、圧縮成形、押出成形、射出成形により製造される。前記フッ素系樹脂粉末は、主に成形体と金型との滑り性を向上させる機能を有する。希土類ボンド磁石用組成物中のフッ素系樹脂粉末の含有量は熱可塑性樹脂に対し20 vol%以下が好ましく、フッ素系樹脂粉末の粒径は2~30 μmが好ましい。

BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 希土類磁石粉末と熱可塑性樹脂よりなる結合樹脂とを含む希土類ボンド磁石用組成物であって、前記組成物中にフッ素系樹脂粉末を含有することを特徴とする希土類ボンド磁石用組成物。

【請求項2】 希土類磁石粉末と熱可塑性樹脂よりなる結合樹脂とを含む混合物を混練してなる希土類ボンド磁石用組成物であって、前記潤滑剤としてフッ素系樹脂粉末を含有することを特徴とする希土類ボンド磁石用組成物。

【請求項3】 前記フッ素系樹脂粉末の含有量が前記熱可塑性樹脂に対し20 vol%以下である請求項1または2に記載の希土類ボンド磁石用組成物。

【請求項4】 前記フッ素系樹脂粉末の平均粒径が2～30 μmである請求項1ないし3のいずれかに記載の希土類ボンド磁石用組成物。

【請求項5】 前記希土類ボンド磁石用組成物は酸化防止剤を含む請求項1ないし4のいずれかに記載の希土類ボンド磁石用組成物。

【請求項6】 前記希土類ボンド磁石用組成物中の前記酸化防止剤の含有量が2～12 vol%である請求項5に記載の希土類ボンド磁石用組成物。

【請求項7】 希土類磁石粉末を熱可塑性樹脂よりなる結合樹脂で結合してなるボンド磁石であって、該磁石中にフッ素系樹脂粉末が含まれていることを特徴とする希土類ボンド磁石。

【請求項8】 前記フッ素系樹脂粉末の含有量が前記熱可塑性樹脂に対し20 vol%以下である請求項7に記載の希土類ボンド磁石。

【請求項9】 前記フッ素系樹脂粉末が四フッ化エチレン樹脂(PTFE)、四フッ化エチレン・パーフルオロアルコキシエチレン共重合樹脂(PFA)、四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂(FEP)、四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン・パーフルオロアルコキシエチレン共重合樹脂(EPE)、四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂(ETFE)、三フッ化塩化エチレン共重合樹脂(PCTFE)、三フッ化塩化エチレン・エチレン共重合樹脂(ECTFE)、フッ化ビニリデン樹脂(PVDF)、フッ化ビニル樹脂(PVE)からなる群より選択された少なくとも一種で構成される請求項7または8に記載の希土類ボンド磁石。

【請求項10】 前記希土類ボンド磁石は射出成形法により成形されたものであり、かつ、前記希土類磁石粉末の含有量が68～76 vol%である請求項7ないし9のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【請求項11】 前記希土類ボンド磁石は押出成形法により成形されたものであり、かつ、前記希土類磁石粉末の含有量が78.1～83 vol%であることを特徴とする請求項7ないし9のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【請求項12】 前記希土類ボンド磁石は圧縮成形法により成形されたものであり、かつ、前記希土類磁石粉末の含有量が78～86 vol%であることを特徴とする請求項7ないし9のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【請求項13】 前記圧縮成形法は前記熱可塑性樹脂の熱変形温度以上の温度で加圧成形を行う温間成形法である請求項12に記載の希土類ボンド磁石。

【請求項14】 前記希土類磁石粉末は、Smを主とする希土類元素と、Coを主とする遷移金属とを基本成分とするものである請求項7ないし13のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【請求項15】 前記希土類磁石粉末は、R(ただし、RはYを含む希土類元素のうち少なくとも1種)と、Feを主とする遷移金属と、Bとを基本成分とするものである請求項7ないし13のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【請求項16】 前記希土類磁石粉末は、Smを主とする希土類元素と、Feを主とする遷移金属と、Nを主とする格子間元素とを基本成分とするものである請求項7ないし13のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【請求項17】 前記希土類磁石粉末は、請求項14ないし16のいずれかに記載の希土類磁石粉末のうち、少なくともいずれか2種を混合したものである請求項7ないし13のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【請求項18】 等方性の磁気エネルギー積(BH)maxが4.5 MGOe以上である請求項7ないし17のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【請求項19】 異方性の磁気エネルギー積(BH)maxが10 MGOe以上である請求項7ないし17のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【請求項20】 空孔率が2 vol%以下である請求項7ないし19のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【請求項21】 希土類磁石粉末と熱可塑性樹脂よりなる結合樹脂とフッ素系樹脂粉末とを含む希土類ボンド磁石用組成物を調製する工程と、該希土類ボンド磁石用組成物を所望の形状に成形する工程とを含むことを特徴とする希土類ボンド磁石の製造方法。

【請求項22】 前記希土類ボンド磁石用組成物を調製する工程は前記結合樹脂の軟化温度以上の温度で混練する工程を含む請求項21に記載の希土類ボンド磁石の製造方法。

【請求項23】 前記希土類ボンド磁石用組成物は前記フッ素系樹脂粉末を前記熱可塑性樹脂に対し20 vol%以下含有する請求項21または22に記載の希土類ボンド磁石の製造方法。

【請求項24】 前記フッ素系樹脂粉末の平均粒径が2～30 μmである請求項21ないし23のいずれかに記載の希土類ボンド磁石の製造方法。

【請求項25】 前記希土類ボンド磁石用組成物は酸化

防止剤を含む請求項 21 ないし 24 のいずれかに記載の希土類ボンド磁石の製造方法。

【請求項 26】 前記希土類ボンド磁石用組成物は前記酸化防止剤を 2～12 vol% 含有する請求項 25 に記載の希土類ボンド磁石の製造方法。

【請求項 27】 前記成形する工程は射出成形法によるものである請求項 21 ないし 26 のいずれかに記載の希土類ボンド磁石の製造方法。

【請求項 28】 前記成形する工程は押出成形法によるものである請求項 21 ないし 26 のいずれかに記載の希土類ボンド磁石の製造方法。

【請求項 29】 前記成形する工程は圧縮成形法によるものである請求項 21 ないし 26 のいずれかに記載の希土類ボンド磁石の製造方法。

【請求項 30】 前記圧縮成形法は前記熱可塑性樹脂の熱変形温度以上の温度で加圧成形を行う温間成形法である請求項 29 に記載の希土類ボンド磁石の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、希土類ボンド磁石用組成物、希土類ボンド磁石および希土類ボンド磁石の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】希土類ボンド磁石は、希土類磁石粉末と結合樹脂（有機バインダー）との混合物（コンパウンド）を用い、これを所望の磁石形状に加圧成形して製造されるものであるが、その成形方法には、圧縮成形法、射出成形法および押出成形法が利用されている。

【0003】圧縮成形法は、前記コンパウンドをプレス金型中に充填し、これに圧力を加えて圧縮することにより成形体を得、その後、加熱して結合樹脂である熱硬化性樹脂を硬化させて磁石を製造する方法である。この方法は、他の方法に比べ、結合樹脂の量が少なくとも成形が可能であるため、得られた磁石中の樹脂量が少なくなり、磁気特性の向上にとって有利である。

【0004】押出成形法は、加熱溶融された前記コンパウンドを押出成形機の金型から押し出すとともに冷却固化し所望の長さに切断して、磁石とする方法である。この方法では、磁石の形状に対する自由度が大きく、薄肉、長尺の磁石をも容易に製造できるという利点があるが、成形時における溶融物の流動性を確保するために、結合樹脂の添加量を圧縮成形法のそれに比べて多くする必要があり、従って、得られた磁石中の樹脂量が多く、磁気特性が低下するという欠点がある。

【0005】射出成形法は、前記コンパウンドを加熱溶融し、十分な流動性を持たせた状態で該溶融物を金型内に注入し、所定の磁石形状に成形する方法である。この方法では、磁石の形状に対する自由度は、押出成形法に比べさらに大きく、特に、異形状の磁石をも容易に製造できるという利点がある。しかし、成形時における溶融

物の流動性は、前記押出成形法より高いレベルが要求されるので、結合樹脂の添加量は、押出成形法のそれに比べてさらに多くする必要があり、従って、得られた磁石中の樹脂量が多く、磁気特性がさらに低下するという欠点がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記した各成形方法において希土類ボンド磁石を成形する際、通常その成形性を向上させるために潤滑剤としてシリコンオイルや各種ワックス、脂肪酸およびステアリン酸亜鉛、ステアリン酸カルシウム等の金属石けん等が添加される。

【0007】しかし、このような潤滑剤の添加は、その組成や添加量によって以下のような不都合を生じる。

【0008】例えば、金属石けんを添加した場合、成形体の機械的強度が未添加品に比べて減少するという欠点がある。また、シリコンオイル等の液状潤滑剤を多量に添加した場合は、いわゆる“しみ出し”のため、研削やバリ取り等の二次加工時に研削物等が磁石成形体の表面に付着し、その除去が困難である。また、これらの付着物は磁石の耐食性を劣化させる要因となる。さらに、“しみ出し”が生じることにより、磁石表面へのコーティング処理が困難になるという問題が生じる。

【0009】上記の問題点を回避するため、潤滑剤の添加量は必要最少限とされるが、この場合には、潤滑剤添加の目的である成形性向上の効果が十分に得られないことがあった。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、フッ素系樹脂粉末を添加することにより、例えば機械的強度の減少のような従来の欠点を解消し、かつ潤滑作用によって成形性に優れた希土類ボンド磁石、希土類ボンド磁石用組成物および希土類ボンド磁石の製造方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】このような目的は、下記（1）～（30）の本発明により達成される。

【0012】（1）希土類磁石粉末と熱可塑性樹脂よりなる結合樹脂とを含む希土類ボンド磁石用組成物であって、前記組成物中にフッ素系樹脂粉末を含有することを特徴とする希土類ボンド磁石用組成物。

【0013】（2）希土類磁石粉末と熱可塑性樹脂よりなる結合樹脂とを含む混合物を混練してなる希土類ボンド磁石用組成物であって、前記潤滑剤としてフッ素系樹脂粉末を含有することを特徴とする希土類ボンド磁石用組成物。

【0014】（3）前記フッ素系樹脂粉末の含有量が前記熱可塑性樹脂に対し 20 vol% 以下である上記

（1）または（2）に記載の希土類ボンド磁石用組成物。

【0015】（4）前記フッ素系樹脂粉末の平均粒径

が2~30 μ mである上記(1)ないし(3)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石用組成物。

【0016】(5) 前記希土類ボンド磁石用組成物は酸化防止剤を含む上記(1)ないし(4)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石用組成物。

【0017】(6) 前記希土類ボンド磁石用組成物中の前記酸化防止剤の含有量が2~12vol%である上記(5)に記載の希土類ボンド磁石用組成物。

【0018】(7) 希土類磁石粉末を熱可塑性樹脂よりなる結合樹脂で結合してなるボンド磁石であって、該磁石中にフッ素系樹脂粉末が含まれていることを特徴とする希土類ボンド磁石。

【0019】(8) 前記フッ素系樹脂粉末の含有量が前記熱可塑性樹脂に対し20vol%以下である上記

(7)に記載の希土類ボンド磁石。

【0020】(9) 前記フッ素系樹脂粉末が四フッ化エチレン樹脂(PTFE)、四フッ化エチレン・パーフルオロアルコキシエチレン共重合樹脂(PFA)、四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂(FEP)、四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン・パーフルオロアルコキシエチレン共重合樹脂(EPE)、四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂(ETFE)、三フッ化塩化エチレン共重合樹脂(PCTFE)、三フッ化塩化エチレン・エチレン共重合樹脂(ECTFE)、フッ化ビニリデン樹脂(PVDF)、フッ化ビニル樹脂(PVE)からなる群より選択された少なくとも一種で構成される上記(7)または(8)に記載の希土類ボンド磁石。

【0021】(10) 前記希土類ボンド磁石は射出成形法により成形されたものであり、かつ、前記希土類磁石粉末の含有量が68~76vol%である上記(7)ないし(9)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【0022】(11) 前記希土類ボンド磁石は押出成形法により成形されたものであり、かつ、前記希土類磁石粉末の含有量が78.1~83vol%であることを特徴とする上記(7)ないし(9)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【0023】(12) 前記希土類ボンド磁石は圧縮成形法により成形されたものであり、かつ、前記希土類磁石粉末の含有量が78~86vol%であることを特徴とする上記(7)ないし(9)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【0024】(13) 前記圧縮成形法は前記熱可塑性樹脂の熱変形温度以上の温度で加圧成形を行う温間成形法である上記(12)に記載の希土類ボンド磁石。

【0025】(14) 前記希土類磁石粉末は、Smを主とする希土類元素と、Coを主とする遷移金属とを基本成分とするものである上記(7)ないし(13)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【0026】(15) 前記希土類磁石粉末は、R(た

だし、RはYを含む希土類元素のうち少なくとも1種)と、Feを主とする遷移金属と、Bとを基本成分とするものである上記(7)ないし(13)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【0027】(16) 前記希土類磁石粉末は、Smを主とする希土類元素と、Feを主とする遷移金属と、Nを主とする格子間元素とを基本成分とするものである上記(7)ないし(13)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【0028】(17) 前記希土類磁石粉末は、上記(14)ないし(16)のいずれかに記載の希土類磁石粉末のうち、少なくともいずれか2種を混合したものである上記(7)ないし(13)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【0029】(18) 等方性の磁気エネルギー積(BH)_{max}が4.5MGOe以上である上記(7)ないし(17)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【0030】(19) 異方性の磁気エネルギー積(BH)_{max}が10MGOe以上である上記(7)ないし(17)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【0031】(20) 空孔率が2vol%以下である上記(7)ないし(19)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【0032】(21) 希土類磁石粉末と熱可塑性樹脂よりなる結合樹脂とフッ素系樹脂粉末とを含む希土類ボンド磁石用組成物を調製する工程と、該希土類ボンド磁石用組成物を所望の形状に成形する工程とを含むことを特徴とする希土類ボンド磁石の製造方法。

【0033】(22) 前記希土類ボンド磁石用組成物を調製する工程は前記結合樹脂の軟化温度以上の温度で混練する工程を含む上記(21)に記載の希土類ボンド磁石の製造方法。

【0034】(23) 前記希土類ボンド磁石用組成物は前記フッ素系樹脂粉末を前記熱可塑性樹脂に対し20vol%以下含有する上記(21)または(22)に記載の希土類ボンド磁石の製造方法。

【0035】(24) 前記フッ素系樹脂粉末の平均粒径は2~30 μ mである上記(21)ないし(23)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石の製造方法。

【0036】(25) 前記希土類ボンド磁石用組成物は酸化防止剤を含む上記(21)ないし(24)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石の製造方法。

【0037】(26) 前記希土類ボンド磁石用組成物は前記酸化防止剤を2~12vol%含有する上記(25)に記載の希土類ボンド磁石の製造方法。

【0038】(27) 前記成形する工程は射出成形法によるものである上記(21)ないし(26)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石の製造方法。

【0039】(28) 前記成形する工程は押出成形法によるものである上記(21)ないし(26)のいずれ

かに記載の希土類ボンド磁石の製造方法。

【0040】(29) 前記成形する工程は圧縮成形法によるものである上記(21)ないし(26)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石の製造方法。

【0041】(30) 前記圧縮成形法は前記熱可塑性樹脂の熱変形温度以上の温度で加圧成形を行う温間成形法である上記(29)に記載の希土類ボンド磁石の製造方法。

【0042】

【発明の実施の形態】本発明の希土類ボンド磁石用組成物、希土類ボンド磁石および希土類ボンド磁石の製造方法について説明する。

【0043】[希土類ボンド磁石]まず、本発明の希土類ボンド磁石について説明する。

【0044】本発明の希土類ボンド磁石は、以下のような希土類磁石粉末と、熱可塑性樹脂と、潤滑剤として機能し得るフッ素系樹脂粉末とを含み、さらに必要に応じて酸化防止剤、その他の添加剤を含むものである。

【0045】1. 希土類磁石粉末

希土類磁石粉末としては、希土類元素と遷移金属とを含む合金よりなるものが好ましく、特に次の[1]～

[5]がより好ましい。

【0046】[1] Smを主とする希土類元素と、Coを主とする遷移金属とを基本成分とするもの(以下、Sm-Co系合金と言う)。

【0047】[2] R(ただし、RはYを含む希土類元素のうち少なくとも1種)と、Feを主とする遷移金属と、Bとを基本成分とするもの(以下、R-Fe-B系合金と言う)。

【0048】[3] Smを主とする希土類元素と、Feを主とする遷移金属と、Nを主とする格子間元素とを基本成分とするもの(以下、Sm-Fe-N系合金と言う)。

【0049】[4] R(ただし、RはYを含む希土類元素のうち少なくとも1種)とFe等の遷移金属とを基本成分とし、ナノメートルレベルで磁性相を有するもの(以下、ナノ結晶磁石と言う)。

【0050】[5] 前記[1]～[4]の組成のうち、少なくともいずれか2種を混合したもの。この場合、混合する各磁石粉末の利点を併有することができ、より優れた磁気特性を容易に得ることができる。

【0051】Sm-Co系合金の代表的なものとしては、 SmCo_5 、 Sm_2TM_7 (ただしTMは、遷移金属)が挙げられる。

【0052】R-Fe-B系合金の代表的なものとしては、Nd-Fe-B系合金、Pr-Fe-B系合金、Nd-Pr-Fe-B系合金、Ce-Nd-Fe-B系合金、Ce-Pr-Nd-Fe-B系合金、これらにおけるFeの一部をCo、Ni等の他の遷移金属で置換したもの等が挙げられる。

【0053】Sm-Fe-N系合金の代表的なものとしては、 $\text{Sm}_2\text{Fe}_7\text{N}_3$ 合金を窒化して作製した $\text{Sm}_2\text{Fe}_7\text{N}_3$ が挙げられる。

【0054】前記磁石粉末における希土類元素としては、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、ミッシュメタルが挙げられ、これらを1種または2種以上含むことができる。

【0055】また、前記遷移金属としては、Fe、Co、Ni等が挙げられ、これらを1種または2種以上含むことができる。さらに、磁気特性を向上させるために、磁石粉末中には、必要に応じ、B、Al、Mo、Cu、Ga、Si、Ti、Ta、Zr、Hf、Ag、Zn等を含有することもできる。

【0056】磁石粉末の製造方法としては、特に限定されず、例えば、溶解・ castingにより合金インゴットを作製し、この合金インゴットを適度な粒度に粉砕し(さらに分級し)て得られたもの、アモルファス合金を製造するのに用いる急冷薄帯製造装置で、リボン状の急冷薄片(微細な多結晶が集合)を製造し、この薄片(薄帯)を適度な粒度に粉砕し(さらに分級し)て得られたもの等、いずれでもよい。

【0057】また、磁石粉末の平均粒径は、特に限定されないが、0.5～50μm程度が好ましく、1～30μm程度がより好ましく、2～28μm程度がさらに好ましい。

【0058】上記磁石粉末の粒径分布は、均一であっても、またはある程度分散されていてもよいが、後述するように少量の結合樹脂で成形する場合、良好な成形性を得るためには、磁石粉末の粒径分布はある程度分散されている(バラツキがある)ことが好ましい。これにより、得られたボンド磁石の空孔率をより低減することもできる。

【0059】なお、前記[5]の場合、混合する磁石粉末の組成毎に、その平均粒径が異なってもよい。このように、平均粒径の異なる2種以上の磁石粉末を混合したものをを用いた場合、十分な混合、混練によって、粒径の大きい磁石粉末の間に粒径の小さい磁石粉末が入るような状態となる確率が高くなる。よって、コンパウンド内での磁石粉末の充填率を高めることができ、ボンド磁石の磁気特性の向上に寄与する。

【0060】このような磁石粉末の磁石中での好適な含有量は、磁石の成形方法に応じた好適な範囲で決定される。

【0061】すなわち、圧縮成形により製造される希土類ボンド磁石の場合、希土類磁石粉末の含有量は、78～86vol%程度であり、特に80～86vol%が好ましい。

【0062】また、押出成形により製造される希土類ボンド磁石の場合、希土類磁石粉末の含有量は、78.1

～83vol%程度であり、特に80～83vol%が好ましい。

【0063】さらに、射出成形により製造される希土類ボンド磁石の場合、希土類磁石粉末の含有量は、68～76vol%程度であり、特に70～76vol%が好ましい。

【0064】それぞれの成形方法において磁石粉末の含有量が少な過ぎると、磁気特性（特に磁気エネルギー積）の向上が図れず、一方、磁石粉末の含有量が多過ぎると、相対的に結合樹脂の含有量が少なくなり、成形時におけるコンパウンドの流動性が低下し、成形が困難または不能となる。

【0065】2. 結合樹脂（バインダー）
結合樹脂（バインダー）としては、熱可塑性樹脂（結合樹脂粉末）が使用される。

【0066】本発明に使用し得る熱可塑性樹脂としては、例えば、ポリアミド（例：ナイロン6、ナイロン46、ナイロン66、ナイロン610、ナイロン612、ナイロン11、ナイロン12、ナイロン6-12、ナイロン6-66）、熱可塑性ポリイミド、芳香族ポリエステル等の液晶ポリマー、ポリフェニレンオキシド、ポリフェニレンサルファイド、ポリエチレン、ポリプロピレン等のポリオレフィン、変性ポリオレフィン、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリレート、ポリエーテル、ポリエーテルエーテルケトン、ポリエーテルイミド、ポリアセタール等、またはこれらを主とする共重合体、ブレンド体、ポリマーアロイ等が挙げられ、これらのうちの1種または2種以上を混合して用いることができる。

【0067】これらのうちで、成形性の向上がより顕著であり、機械的強度が強いことからポリアミドが特に好ましい。また、耐熱性向上の点から、液晶ポリマー、ポリフェニレンサルファイドを主とするものが好ましい。これらの熱可塑性樹脂は、磁石粉末との混練性にも優れている。

【0068】熱可塑性樹脂は、融点が400℃以下のものが好ましく、300℃以下のものがより好ましい。融点が400℃を超えると成形時の温度が上昇し、磁石粉末等の酸化が生じ易くなる。

【0069】また、流動性、成形性をより向上させるために用いられる熱可塑性樹脂の平均分子量（重合度）は、10000～60000程度であるのが好ましく、12000～30000程度がより好ましい。

【0070】以上のような結合樹脂粉末の希土類ボンド磁石中における割合は、特に限定されないが、後述する酸化防止剤等の添加剤との合計量で14～32vol%程度であるのが好ましく、14～30vol%程度がより好ましく、14～28vol%程度がさらに好ましい。結合樹脂粉末の含有量が多すぎると磁気特性（特に磁気エネルギー積）の向上が図れず、また、結合樹脂粉末の含有量が少な過ぎると成形性が低下し、極端な場合には成形

が困難または不能となる。

【0071】3. フッ素系樹脂粉末

本発明の希土類ボンド磁石は、フッ素系樹脂粉末を含有することを特徴とする。

【0072】フッ素系樹脂は融点が高く（320℃～）、希土類ボンド磁石用組成物の混練時や磁石の成形時においても溶融しないため、例えば潤滑剤として機能し、金型と成形体との間の摩擦係数を低減させることにより、金型と成形体との滑り性を向上させる。

【0073】例えば、圧縮成形において成形体が金型から取出される際、成形体と金型内面との摺動面の摩擦が低減されるため、離型（除材）が容易となる。また、押出成形の場合、押出機のカンタとコンパウンドとの摩擦が低減され、押出速度を速くすることが可能となり生産性の向上に寄与する。同様に、射出成形の場合も、成形体と金型との滑り性が向上するため、例えば、インジェクターピンの圧力（抜き圧）を小さくすることができ、離型（除材）が容易となる。

【0074】このようなフッ素系樹脂としては、例えば、四フッ化エチレン樹脂（PTFE）、四フッ化エチレン・パーフルオロアルコキシエチレン共重合樹脂（PFA）、四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂（FEP）、四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン・パーフルオロアルコキシエチレン共重合樹脂（EPF）、四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂（ETFE）、三フッ化塩化エチレン共重合樹脂（PCTFE）、三フッ化塩化エチレン・エチレン共重合樹脂（ECTFE）、フッ化ビニリデン樹脂（PVDF）、フッ化ビニル樹脂（PVE）から選ばれた少なくとも一種が挙げられるが、入手容易性等から、四フッ化エチレン樹脂（PTFE）が特に好ましく、これらのうち1種または2種以上を混合して用いることができる。

【0075】希土類ボンド磁石中のフッ素系樹脂粉末の含有量は、前記熱可塑性樹脂に対し20vol%以下であることが好ましく、1～15vol%程度がより好ましい。

【0076】フッ素系樹脂粉末の含有量が多過ぎると磁石の磁気的特性および機械的特性が低下し、一方、含有量が少な過ぎると、例えば上記潤滑剤としての効果が十分に発揮されない。

【0077】また、フッ素系樹脂粉末の粒径は特に限定されないが、2～30μm程度であることが好ましい。粒径が小さ過ぎるとコンパウンド中に分散させることが困難となり、例えば上記潤滑作用が十分に発揮されず成形性向上の効果が得られない。一方、粒径が大き過ぎると、磁石粉末と同程度以上の大きさとなり、十分な潤滑効果を得るためには添加量を増やす必要があり、添加量を増やすと磁石の機械的特性の劣化が著しくなる場合があるため好ましくない。

【0078】また、フッ素系樹脂粉末の粒径分布は、均

一でもある程度分散されていてもよいが、成形時の良好な成形性を得るためには、フッ素系樹脂粉末の粒径分布は、ある程度分散されている（バラツキがある）のが好ましい。これにより、得られたボンド磁石の空孔率をより低減することもできる。

【0079】さらに、本発明の希土類ボンド磁石は、他に潤滑剤または可塑剤等を補助的に含んでいてもよい。このようなものとしては、例えば、シリコンオイル、各種ワックス、脂肪酸（例えばオレイン酸）、アルミナ、シリカ、チタニア等の各種無機潤滑剤等が挙げられる。これらのうちの少なくとも一種を添加することによって、より良好な潤滑効果が得られ、成形時における材料の流動性が一層向上する。特に、シリコンオイルや脂肪酸等の液状潤滑剤の補助的な添加は、フッ素系樹脂粉末の濡れ性の向上に寄与し、コンパウンド中の分散性を向上させることができる。

【0080】4. 酸化防止剤

本発明の希土類ボンド磁石は、酸化防止剤を含有していることが好ましい。

【0081】酸化防止剤は、後述する希土類ボンド磁石用組成物を混練する際等に、希土類磁石粉末の酸化（劣化、変質）や結合樹脂の酸化（希土類磁石粉末の金属成分が触媒として働くことにより生じるものと推定される）を防止する。

【0082】この酸化防止剤は、希土類ボンド磁石用組成物の混練時や成形時等の中間工程において揮発したり、変質したりする場合があるので、希土類ボンド磁石中には、その一部が残留した状態で存在する。したがって、希土類ボンド磁石中の酸化防止剤の含有量（残留量）は、後述する希土類ボンド磁石用組成物中の添加量に対し、10～95%程度、好ましくは20～91%程度である。

【0083】本発明の磁石において、空孔率は、2 vol%以下であるのが好ましく、1.8 vol%以下がより好ましい。空孔率が高すぎると、磁石粉末の組成、結合樹脂の組成、含有量等の他の条件によっては、磁石の機械的強度および磁気特性が低下するおそれがある。

【0084】本発明の希土類ボンド磁石は、等方性の場合、磁気エネルギー積(BH)maxが4.5 MGOe以上であるのが好ましく、6 MGOe以上であるのがより好ましい。また、異方性の場合、磁気エネルギー積(BH)maxが10 MGOe以上であるのが好ましく、12 MGOe以上であるのがより好ましい。

【0085】なお、本発明の希土類ボンド磁石の形状、寸法等は特に限定されず、例えば、形状に関しては、例えば、円柱状、角柱状、円筒状、円弧状、平板状、湾曲板状等のあらゆる形状のものが可能であり、その大きさも、大型のものから超小型のものまであらゆる大きさのものが可能である。

【0086】【希土類ボンド磁石用組成物】次に、本発

明の希土類ボンド磁石用組成物について説明する。

【0087】本発明の希土類ボンド磁石用組成物は、前述した希土類磁石粉末と、前述した熱可塑性樹脂と、前述したフッ素系樹脂粉末と、必要に応じて前述した酸化防止剤等の添加剤とを混合した混合物または該混合物を混練してなるものである。

【0088】1. 希土類磁石粉末

希土類ボンド磁石用組成物中の希土類磁石粉末の添加量は、得られる希土類ボンド磁石の磁気特性と、成形時における該組成物の溶融物の流動性とを考慮して決定される。

【0089】すなわち、圧縮成形に供される希土類ボンド磁石用組成物の場合、該組成物中の希土類磁石粉末の含有量（添加量）は、特に限定されないが、78～86 vol%であることが好ましく、80～86 vol%がより好ましい。

【0090】また、押出成形に供される希土類ボンド磁石用組成物の場合、該組成物中の希土類磁石粉末の含有量（添加量）は、特に限定されないが、78.1～83 vol%であることが好ましく、80.5～83 vol%がより好ましい。

【0091】さらに、射出成形に供される希土類ボンド磁石用組成物の場合、該組成物中の希土類磁石粉末の含有量（添加量）は、特に限定されないが、68～76 vol%であることが好ましく、70～76 vol%がより好ましい。

【0092】それぞれの成形方法において、磁石粉末が少な過ぎると磁気特性（特に磁気エネルギー積）の向上が図れず、一方、磁石粉末の含有量が多過ぎると相対的に結合樹脂の含有量が少なくなるので成形が困難または不能となる。

【0093】2. 結合樹脂

希土類ボンド磁石用組成物中の結合樹脂粉末の含有量は、特に限定されないが、前記酸化防止剤等の添加剤との合計量で14～32 vol%程度が好ましく、14～30 vol%程度がより好ましく、14～29 vol%程度がさらに好ましい。結合樹脂粉末の含有量が多すぎると、磁気特性（特に磁気エネルギー積）の向上が図れず、また、結合樹脂粉末の含有量が少な過ぎると組成物の流動性が低下し、極端な場合には成形が困難または不能となる。

【0094】3. フッ素系樹脂粉末

希土類ボンド磁石用組成物中、前述したフッ素系樹脂粉末の含有量（添加量）は特に限定されないが、前記熱可塑性樹脂に対して20 vol%以下とするのが好ましく、1～15 vol%程度とするのがより好ましい。フッ素系樹脂粉末の添加量が多過ぎると磁石の磁気的特性および機械的特性が低下し、添加量が少な過ぎると、例えば潤滑効果が十分に得られない。

【0095】4. 酸化防止剤

本発明の希土類ボンド磁石用組成物は、酸化防止剤を含有していることが好ましい。

【0096】酸化防止剤は、前述したように、希土類ボンド磁石用組成物を混練する際等に、希土類磁石粉末の酸化（劣化、変質）や結合樹脂の酸化（希土類磁石粉末の金属成分が触媒として働くことにより生じるものと推定される）を防止する。

【0097】この酸化防止剤の添加により、次のような効果が得られる。

【0098】まず第1に、希土類磁石粉末および結合樹脂の酸化を防止し、希土類磁石粉末の表面に対する結合樹脂の良好な濡れ性を維持するので、磁石粉末と結合樹脂との混練性が向上する。

【0099】第2に、希土類磁石粉末の酸化を防止し、磁石の磁気特性の向上に寄与するとともに、希土類ボンド磁石用組成物の混練時、成形時における熱的安定性の向上に寄与し、少ない結合樹脂量でも良好な成形性を確保することができる。

【0100】酸化防止剤としては、希土類磁石粉末等の酸化を防止または抑制し得るものであればいかなるものでもよく、例えば、アミン系化合物、アミノ酸系化合物、ニトロカルボン酸類、ヒドラジン化合物、シアン化合物、硫化物等の磁石粉末表面を不活性化させるキレート剤が好適に使用される。なお、酸化防止剤の種類、組成等については、これらのものに限定されないことは言うまでもない。

【0101】希土類ボンド磁石用組成物中の酸化防止剤の添加量は、特に限定されないが、1～12 vol%程度であるのが好ましく、2～10 vol%程度であるのが好ましい。

【0102】酸化防止剤等の添加量が少な過ぎると十分な酸化防止効果が得られず、一方、添加量が多過ぎると相対的に樹脂量が減少し、成形体の機械的強度が低下する傾向を示す。

【0103】なお、本発明では、酸化防止剤の添加量は前記範囲の下限値以下であってもよく、また無添加であってもよい。

【0104】5. その他の添加剤

本発明の希土類ボンド磁石用組成物は、必要に応じてさらに各種の添加剤を含んでいてもよい。例えば、前述した潤滑剤の添加は、成形時の流動性を向上させるので、より少ない結合樹脂の添加量で同様の特性を得ることができるので好ましい。この潤滑剤の添加量は特に限定されないが、1～5 vol%程度が好ましく、1～3 vol%程度がより好ましい。この範囲の添加量とすることにより、磁石の特性を劣化させることなく潤滑機能を有効に発揮させることができる。

【0105】希土類ボンド磁石用組成物の混合、調製は、例えば、V型混合機等の混合機や攪拌機を用いて行われる。また、混合物の混練は、例えば、2軸押出混練

機、ロール式混練機、ニーダー等の混練機を用いて行われる。

【0106】また、混合物の混練は、結合樹脂の軟化温度（軟化点またはガラス転移点）以上の温度で行われるのが好ましい。これにより、混練の効率が向上し、常温で混練する場合に比べてより短時間で均一に混練することができる。さらに、結合樹脂の粘度が下がった状態で混練されるので、希土類磁石粉末の周囲を結合樹脂が覆うような状態となり、希土類ボンド磁石用組成物中およびそれより製造された磁石中の空孔率の減少に寄与する。

【0107】なお、混練に伴う材料自体の発熱等により、混練温度は変化し易いので、例えば加温・冷却手段を備え、温度制御が可能な混練機を用いて混練するのが好ましい。

【0108】また、希土類ボンド磁石用組成物（混練物の場合）の密度は、理論密度（組成物中の空孔を0としたときの密度）の80%以上であるのが好ましく、85%以上であるのがより好ましい。また、希土類ボンド磁石用組成物（混練物の場合）の密度は、希土類磁石粉末の密度の60%以上であるのが好ましく、70%以上であるのがより好ましい。希土類ボンド磁石用組成物の密度がこのような範囲であると、成形圧をより低くすることができる。

【0109】また、本発明の希土類ボンド磁石用組成物の形態としては、さらにペレット化されたもの（例えば粒径1～12mm程度）等であってもよい。このような混練物やそのペレットを用いると、圧縮成形、押出成形、射出成形の成形性がより向上する。さらにペレットの使用は取扱性の向上にも寄与する。

【0110】〔希土類ボンド磁石の製造方法〕本発明の希土類ボンド磁石の製造方法は、希土類磁石粉末と熱可塑性樹脂よりなる結合樹脂とフッ素系樹脂粉末とを含む希土類ボンド磁石用組成物を所望の形状に成形することとを特徴とする。

【0111】上述のように希土類ボンド磁石用組成物を調製し、この組成物を用いて例えば圧縮成形法、押出成形法または射出成形法により磁石形状に成形することにより行われる。

【0112】以下、各成形法について説明する。

【0113】〔1〕圧縮成形法

前述した希土類ボンド磁石用組成物（コンパウンド）を製造し、この組成物を圧縮成形機のカンパニに充填し、磁場中（配向磁場が例えば5～20 kOe、配向方向は、縦、横、ラジアル方向のいずれも可）または無磁場中で圧縮成形する。

【0114】この圧縮成形は温間成形法によることが好ましい。すなわち、熱可塑性樹脂の熱変形温度以上の温度で加圧成形を行うことが好ましい。

【0115】このような温間成形とすることにより、金

型内での成形材料の流動性が向上し、低い成形圧で、寸法精度のよい成形をすることができる。すなわち、好ましくは 50 kgf/mm^2 以下、より好ましくは 30 kgf/mm^2 以下、さらに好ましくは 10 kgf/mm^2 以下の成形圧で成形（賦形）することができ、成形への負荷が少なく、成形が容易となるとともに、リング状、平板状、湾曲板状等の薄肉部を有する形状のものや長尺のものでも、良好かつ安定した形状、寸法のものを量産することができる。

【0116】また、温間成形とすることにより、前述したような低い成形圧でも、得られた磁石の空孔率を低くすることができる。

【0117】さらに、温間成形とすることにより、金型内での成形材料の流動性が向上し、磁気配向性が向上するとともに、成形時における希土類磁石粉末の保磁力の低下により、磁場中成形の場合、見かけ上高い磁場をかけたものとなるので、配向方向にかかわらず、磁気特性を向上することができる。

【0118】このようにして圧縮成形した後、成形金型から除材して、希土類ボンド磁石を得る。

【0119】〔2〕押出成形法

希土類磁石粉末と、熱可塑性樹脂と、潤滑剤としてフッ素系樹脂粉末と、必要に応じて酸化防止剤を含む希土類ボンド磁石用組成物（混合物）を、前述したような混練機を用いて十分に混練し混練物を得る。このとき、混練温度は、前述したような条件（例えば結合樹脂の軟化温度等）を考慮して決定され、例えば $150 \sim 350^\circ\text{C}$ 程度とされる。なお、混練物は、さらにペレット化されて使用されてもよい。

【0120】以上のようにして得られた希土類ボンド磁石用組成物の混練物（コンパウンド）を、押出成形機のシリンダ内で、熱可塑性樹脂の溶融温度以上の温度に加熱して溶融し、この溶融物を磁場中または無磁場中（配向磁場が例えば $10 \sim 20 \text{ kOe}$ ）で、押出成形機のダイから押し出す。

【0121】成形体は、例えばダイから押し出される際に冷却されて固化する。その後、押し出された長尺の成形体を適宜切断することにより、所望の形状、寸法の希土類ボンド磁石を得る。

【0122】希土類ボンド磁石の横断面形状は、押出成形機のダイ（内ダイおよび外ダイ）の形状の選定により決定され、薄肉のものや異形断面のものでも容易に製造することができる。また、成形体の切断長さの調整により、長尺の磁石を製造することもできる。

【0123】以上のような方法により、磁石の形状に対する自由度が広く、少ない樹脂量でも流動性、成形性に優れ、寸法精度が高く、また、連続的な製造が可能で量産に適した希土類ボンド磁石を製造することができる。

【0124】〔3〕射出成形法

希土類磁石用組成物を、上記押出成形法の場合と同様に

混練する。

【0125】次に、この混練物（コンパウンド）を、射出成形機の射出シリンダ内で、熱可塑性樹脂の溶融温度以上の温度に加熱して溶融し、この溶融物を磁場中または無磁場中（配向磁場が例えば $10 \sim 20 \text{ kOe}$ ）で、射出成形機の金型内に注入する。このとき、射出シリンダ内の温度は $220 \sim 350^\circ\text{C}$ 程度が好ましく、射出圧力は $30 \sim 120 \text{ kgf/cm}^2$ 程度が好ましく、金型温度は、 $70 \sim 110^\circ\text{C}$ 程度が好ましい。

【0126】その後、成形体を冷却固化し、所望の形状、寸法の希土類ボンド磁石を得る。このとき冷却時間は、 $5 \sim 30$ 秒程度が好ましい。

【0127】希土類ボンド磁石の形状は、射出成形機の金型形状に依存し、この金型のキャビティの形状の選定により、薄肉のものや異形のものでも容易に製造することができる。

【0128】以上のような方法により、磁石の形状に対する自由度が押出成形の場合よりさらに広く、少ない樹脂量でも流動性、成形性に優れ、寸法精度が高く、また、成形サイクルが短く、量産に適した希土類ボンド磁石を製造することができる。

【0129】なお、本発明の希土類ボンド磁石の製造方法において、混練条件、成形条件等は、上記範囲のものに限定されないことは言うまでもない。

【0130】

【実施例】以下、本発明の具体的実施例について説明する。

【0131】（実施例1～17、比較例1～4）下記組成①、②、③、④、⑤、⑥、⑦の7種の希土類磁石粉末と、下記A、B、Cの3種の熱可塑性樹脂からなる結合樹脂粉末と、下記ア、イのフッ素系樹脂粉末と、下記ア、イの潤滑剤と、ヒドラジン系酸化防止剤と、補助潤滑剤としてオレイン酸とを用意し、これらを表1に示す所定の組み合わせおよび量で混合した。また、各実施例のフッ素系樹脂粉末の平均粒径を表2に示す。

【0132】なお、磁石粉末、フッ素系樹脂粉末および粉末状の潤滑剤の平均粒径は、F.S.S.S.(Fischer Sub-Sieve Sizer)法により測定した。

【0133】希土類磁石粉末：

- ① 急冷 $\text{Nd}_{1.2}\text{Fe}_{7.8}\text{Co}_4\text{B}_6$ 粉末（平均粒径= $18 \mu\text{m}$ ）
- ② 急冷 $\text{Nd}_8\text{Pr}_4\text{Fe}_{8.2}\text{B}_6$ 粉末（平均粒径= $17 \mu\text{m}$ ）
- ③ 急冷 $\text{Nd}_{1.2}\text{Fe}_{8.2}\text{B}_6$ 粉末（平均粒径= $19 \mu\text{m}$ ）
- ④ $\text{Sm}(\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}\text{Cu}_{0.05}\text{Fe}_{0.05}\text{Zr}_{0.05})_{10}$ 粉末（平均粒径= $21 \mu\text{m}$ ）
- ⑤ 急冷 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_3$ 粉末（平均粒径= $2 \mu\text{m}$ ）
- ⑥ HDDR法による異方性 $\text{Nd}_{1.5}\text{Fe}_{8.5}\text{Co}_{1.5}\text{B}_6\text{Ga}_1$ 粉末（平均粒径= $28 \mu\text{m}$ ）

⑦ ナノ結晶Nd₂O₃、Fe₂O₃、B₂O₃、Co₂O₃、Cr₂O₃粉末（平均粒径=15μm）

熱可塑性樹脂：

- A. ポリアミド（ナイロン12）（熱変形温度：145℃、融点175℃）
 B. 液晶ポリマー（熱変形温度：180℃、融点280℃）
 C. ポリフェニレンサルファイド（PPS）（熱変形温度：260℃、融点280℃）

*

*フッ素系樹脂粉末：

- ア. 四フッ化エチレン樹脂（PTFE）
 イ. 四フッ化エチレン・エチレン共重合体（ETFE）

潤滑剤：

- ア. 金属石けん（ステアリン酸亜鉛）
 イ. シリコンオイル

【0134】

【表1】

組成 [vol%]		組成 [vol%]	
実施例1	磁粉① : 80.5 樹脂A : 12.3 フッ素系樹脂ア : 1.2 酸化防止剤 : 6.0	実施例12	磁粉④ : 75.0 樹脂C : 22.9 フッ素系樹脂イ : 2.1
実施例2	磁粉② : 81.0 樹脂A : 13.7 フッ素系樹脂ア : 1.3 酸化防止剤 : 4.0	実施例13	磁粉② : 70.0 樹脂B : 21.6 フッ素系樹脂イ : 1.9 酸化防止剤 : 6.5
実施例3	磁粉④ : 83.5 樹脂A : 14.5 フッ素系樹脂イ : 2.0	実施例14	磁粉④ : 70.0 樹脂A : 21.7 フッ素系樹脂ア : 1.0 フッ素系樹脂イ : 0.8 酸化防止剤 : 1.0 酸化防止剤 : 5.5
実施例4	磁粉③ : 82.0 樹脂A : 12.0 フッ素系樹脂ア : 1.0 酸化防止剤 : 0.3 酸化防止剤 : 4.7	実施例15	磁粉③ : 40.0 樹脂A : 36.0 樹脂B : 17.0 フッ素系樹脂イ : 2.2 酸化防止剤 : 0.8 酸化防止剤 : 4.0
実施例5	磁粉④ : 82.0 樹脂C : 12.7 フッ素系樹脂ア : 1.3 酸化防止剤 : 4.0	実施例16	磁粉① : 78.1 樹脂B : 21.5 フッ素系樹脂イ : 0.4
実施例6	磁粉③ : 81.5 樹脂B : 16.8 フッ素系樹脂イ : 1.7	実施例17	磁粉① : 79.0 樹脂B : 17.5 フッ素系樹脂イ : 3.5
実施例7	磁粉① : 40.0 磁粉② : 42.0 樹脂A : 11.9 フッ素系樹脂ア : 1.1 酸化防止剤 : 0.5 酸化防止剤 : 4.5	比較例1	磁粉② : 84.0 樹脂C : 14.0 酸化防止剤 : 2.0
実施例8	磁粉④ : 82.0 樹脂A : 12.1 フッ素系樹脂イ : 1.2 酸化防止剤 : 4.7	比較例2	磁粉① : 81.0 樹脂A : 11.7 酸化防止剤 : 1.4 潤滑剤 : 0.4 酸化防止剤 : 5.5
実施例9	磁粉① : 82.5 樹脂B : 10.1 フッ素系樹脂イ : 0.9 酸化防止剤 : 6.5	比較例3	磁粉④ : 71.5 樹脂A : 21.2 樹脂B : 1.8 酸化防止剤 : 5.5
実施例10	磁粉③ : 80.0 樹脂B : 14.0 フッ素系樹脂イ : 1.3 酸化防止剤 : 4.7	比較例4	磁粉① : 44.0 樹脂A : 55.0
実施例11	磁粉④ : 25.0 磁粉③ : 23.0 磁粉② : 24.0 樹脂C : 20.7 フッ素系樹脂ア : 1.8 酸化防止剤 : 5.5	比較例5	磁粉① : 88.0 イオン樹脂 : 12.0

【0135】希土類ボンド磁石用組成物中の熱可塑性樹脂（結合樹脂）に対するフッ素系樹脂粉末の含有割合 [vol%] を下記表2に示す。

【0136】
【表2】

	結合樹脂に対するフッ素系 樹脂粉末の割合 [vol %]	フッ素系樹脂粉末の 平均粒径 [μm]
実施例 1	9.8	2.0
実施例 2	9.5	5.3
実施例 3	13.8	3.6
実施例 4	8.3	30.0
実施例 5	10.2	6.8
実施例 6	10.1	3.7
実施例 7	9.2	4.8
実施例 8	9.9	2.8
実施例 9	8.9	5.5
実施例 10	9.3	17.4
実施例 11	8.7	10.1
実施例 12	9.2	8.6
実施例 13	8.8	25.3
実施例 14	8.3	20.9
実施例 15	12.9	12.5
実施例 16	1.9	8.5
実施例 17	20.0	4.6
比較例 1	—	—
比較例 2	—	—
比較例 3	—	—
比較例 4	—	—
比較例 5	—	—

【0137】次に、表1に示す組成の各混合物をスクリー式混練機（装置a）またはニーダー（装置b）を用いて十分に混練し、希土類ボンド磁石用組成物（コンパウンド）を得た。このときの混練条件を表3、表4に示す。なお、コンパウンドの密度は、いずれも、理論密度の85%以上、磁石粉末の70%以上を達成していた。

【0138】次に、前記コンパウンドを用い、磁場中または無磁場で成形し、除材して所望形状の希土類ボンド磁石を得た。このときの成形方法および成形条件は、表3、表4に示す通りである。

【0139】

【表3】

	混練条件			成形条件				
	装置	混練温度 [℃]	混練時間 [min]	成形方法	金型温度 [℃]		成形圧力 [kgf/mm ²]	配向磁場 [kOe]
実施例1	a	150~250	10~20	温間成形	高温部	低温部	15	0
実施例2	a	150~250	10~20	温間成形	230	100	15	0
実施例3	a	150~250	10~20	温間成形	230	100	20	0
実施例4	b	230	40	温間成形	230	100	20	20
実施例5	b	350	30	温間成形	320	200	20	15
実施例6	a	280~360	15~30	押出成形	320	230	5	0
実施例7	a	150~250	10~20	押出成形	250	150	4	0
実施例8	a	150~250	10~20	押出成形	250	150	4	15
実施例9	b	320	30	温間成形	320	200	5	0
実施例10	b	320	40	押出成形	320	200	5	0

表4へ続く

【0140】

* * 【表4】

	混練条件			成形条件				
	装置	混練温度 [℃]	混練時間 [min]	成形方法	金型温度 [℃]		成形圧力 [kgf/mm ²]	配向磁場 [kOe]
実施例11	a	260~360	15~30	射出成形	350	200	20	15
実施例12	a	260~360	15~30	射出成形	350	200	20	15
実施例13	a	280~360	15~30	射出成形	350	200	20	0
実施例14	b	230	20	射出成形	230	120	20	15
実施例15	b	230	50	射出成形	230	120	20	15
実施例16	a	230~320	15~30	押出成形	320	230	7	0
実施例17	a	230~320	15~30	押出成形	320	230	4	0
比較例1	b	320	40	温間成形	320	200	55	15
比較例2	a	150~250	10~20	押出成形	250	150	10	0
比較例3	a	150~250	10~20	射出成形	280	120	40	15
比較例4	b	150~250	10~20	射出成形	280	120	10	0
比較例5	b	室温	60	圧縮成形	室温	室温	80	0

注) 押出成形の材料温度は加熱温度
射出成形の材料温度は射出時の温度を示す。

【0141】得られた磁石の形状、寸法、組成、外観（目視観察）、機械的強度、離型性、磁気特性等を表5～表8に示す。

【0142】磁石の機械的強度は、別途に外径15mm、高さ3mmの試験片を無磁場中で、表3、表4に示す条件で成形し、この試験片を用い剪断打ち抜き法により評価した。

【0143】また、離型性は成形法ごとに各々下記の方法により評価を行った。

【0144】圧縮成形法の場合、成形品の抜き取り時の抜き圧により評価を行った。

【0145】抜き圧が成形圧力の50%を超える場合を

「不良」、50%以下の場合を「良」とした。

【0146】押出成形法の場合、成形時の押出速度が4mm/s未満の場合を「不良」、4mm/s以上の場合を「良」とした。

【0147】射出成形法の場合、金型の磁石抜き取り方向のテーパ量を5/100mmとして離型を行ったとき、離型が不可能である場合を「不良」、離型可能な場合を「良」とした。

【0148】（比較例5）磁石粉末とエポキシ樹脂（熱硬化性樹脂）よりなる結合樹脂とを表1に示す比率で混合し、この混合物を室温下で混練し、得られたコンパウンドにより、表4に示す条件で圧縮成形（プレス成形）

し、この成形体を150℃で1時間熱処理して樹脂硬化を行い、希土類ボンド磁石を得た。

【0149】得られた成形品の形状、寸法、組成、外観（目視観察）、機械的強度、離型性、磁気特性等を表8に示す。

*

*【0150】なお、機械的強度については、上記と同様にして評価を行った。

【0151】

【表5】

	磁石形状	磁石寸法 [mm]	磁石組成 [vol%]	磁気特性値 [Bd]max [MGoe]	密度ρ [g/cm ³]	空孔率 [%]	外観	機械的強度 [kgf/cm ²]	離型性
実施例1	円筒状	外径: 18.0 肉厚: 1.0 高さ: 5.6	磁粉① : 81.1 樹脂A : 12.4 フッ素系樹脂粉末A : 1.2 酸化防止剤 : 4.7	10.8	6.33	0.8	良好	8.01	良
実施例2	円筒状	外径: 20.5 肉厚: 1.2 高さ: 3.0	磁粉② : 81.3 樹脂A : 13.8 フッ素系樹脂粉末A : 1.3 酸化防止剤 : 3.0	9.0	6.34	0.6	良好	8.13	良
実施例3	円筒状	外径: 24.0 肉厚: 2.0 高さ: 5.2	磁粉③ : 82.1 樹脂A : 14.3 フッ素系樹脂粉末A : 2.0	12.0	7.17	1.6	良好	7.89	良
実施例4	円筒状	外径: 32.0 肉厚: 1.8 高さ: 7.0	磁粉④ : 82.0 樹脂A : 12.0 フッ素系樹脂粉末A : 1.0 補加溶剤 : 0.1 酸化防止剤 : 4.0	20.1	6.38	0.9	良好	7.80	良
実施例5	円筒状	外径: 12.8 肉厚: 1.2 高さ: 3.0	磁粉⑤ : 81.5 樹脂C : 12.6 フッ素系樹脂粉末A : 1.3 酸化防止剤 : 2.8	17.5	7.16	1.8	良好	8.33	良

表6へ続く

【0152】

※ ※【表6】

	磁石形状	磁石寸法 [mm]	磁石組成 [vol%]	磁気特性値 [Bd]max [MGoe]	密度ρ [g/cm ³]	空孔率 [%]	外観	機械的強度 [kgf/cm ²]	離型性
実施例6	直方体	幅: 20.0 高さ: 1.4	磁粉⑥ : 80.7 樹脂B : 16.6 フッ素系樹脂粉末A : 1.7	8.4	7.13	1.0	良好	8.15	良
実施例7	円筒状	外径: 55.0 肉厚: 2.5	磁粉⑦ : 40.4 磁粉⑧ : 42.4 樹脂A : 12.0 フッ素系樹脂粉末A : 1.1 補加溶剤 : 0.1 酸化防止剤 : 3.1	10.7	6.43	0.9	良好	7.77	良
実施例8	円筒状	外径: 12.5 肉厚: 1.5	磁粉⑨ : 81.9 樹脂A : 12.1 フッ素系樹脂粉末A : 1.2 酸化防止剤 : 3.7	15.2	7.15	1.1	良好	7.88	良
実施例9	円筒状	外径: 40.0 肉厚: 1.2 高さ: 5.5	磁粉⑩ : 83.8 樹脂B : 10.3 フッ素系樹脂粉末A : 0.9 酸化防止剤 : 3.4	10.7	6.53	1.6	良好	8.21	良
実施例10	曲板状	外径: 5.6 内径: 4.4 角度: 120°	磁粉⑪ : 80.9 樹脂B : 14.2 フッ素系樹脂粉末A : 1.3 酸化防止剤 : 3.0	8.4	6.37	0.6	良好	8.43	良

表7へ続く

【0153】

【表7】

	磁石形状	磁石寸法 [mm]	磁石組成 [vol %]	磁気エネルギー積 (BH) _{max} [MGOe]	密度ρ [g/cm ³]	空孔率 [%]	外観	機械的強度 [kgf/mm ²]	離型性
実施例11	円柱状	外径: 10.0 高さ: 8.0	磁粉①: 25.0 磁粉②: 23.0 磁粉③: 24.0 樹脂C: 20.7 フッ素系樹脂粉末A: 1.8 酸化防止剤: 4.5	13.5	6.06	1.0	良好	8.54	良
実施例12	立方体	一辺: 12.0	磁粉①: 74.8 樹脂C: 22.8 フッ素系樹脂粉末A: 2.0	13.1	6.71	0.4	良好	7.75	良
実施例13	円筒状	外径: 32.8 肉厚: 1.2 高さ: 2.0	磁粉①: 70.7 樹脂B: 21.8 フッ素系樹脂粉末A: 1.9 酸化防止剤: 5.2	4.5	5.76	0.4	良好	7.48	良
実施例14	円筒状	外径: 22.0 肉厚: 1.1 高さ: 5.0	磁粉①: 70.9 樹脂A: 22.0 フッ素系樹脂粉末A: 1.0 フッ素系樹脂粉末B: 0.8 潤滑剤: 0.1 酸化防止剤: 5.0	10.0	6.35	0.2	良好	7.34	良
実施例15	円筒状	外径: 22.0 肉厚: 1.8 高さ: 3.0	磁粉①: 40.2 磁粉②: 36.2 樹脂A: 17.1 フッ素系樹脂粉末A: 2.2 潤滑剤: 0.2 酸化防止剤: 3.3	14.0	6.43	0.8	良好	7.47	良

表8へ続く

【0154】

* * 【表8】

	磁石形状	磁石寸法 [mm]	磁石組成 [vol %]	磁気エネルギー積 (BH) _{max} [MGOe]	密度ρ [g/cm ³]	空孔率 [%]	外観	機械的強度 [kgf/mm ²]	離型性
実施例16	円筒状	外径: 18.0 肉厚: 2.0	磁粉①: 78.1 樹脂B: 21.5 フッ素系樹脂粉末A: 0.4	10.1	6.21	0	良好	8.12	良
実施例17	円筒状	外径: 18.0 肉厚: 1.5	磁粉①: 78.8 樹脂B: 17.5 フッ素系樹脂粉末A: 3.5	10.5	6.28	0.2	良好	8.01	良
比較例1	円柱状	外径: 30.0 高さ: 1.5	磁粉①: 82.6 樹脂C: 13.7 酸化防止剤: 0.9	11.3	6.43	2.8	不良 (表面粗)	6.88	不良
比較例2	円筒状	外径: 25.0 肉厚: 1.2	磁粉①: 81.6 樹脂A: 11.8 潤滑剤A: 0.4 潤滑剤B: 0.1 酸化防止剤: 3.3	10.3	6.32	2.8	不良 (表面粗)	5.77	不良
比較例3	円筒状	外径: 13.0 肉厚: 1.2 高さ: 5.5	磁粉①: 70.6 樹脂A: 20.9 潤滑剤A: 1.8 酸化防止剤: 4.1	11.5	6.28	2.8	不良 (は出し)	6.35	不良
比較例4	円柱状	外径: 12.0 高さ: 10.0	磁粉①: 44.0 樹脂A: 56.0	4.0	3.89	0.1	良好	7.11	良
比較例5	円筒状	外径: 測定せず 肉厚: 測定せず 高さ: 測定せず	磁粉①: 測定せず エポキシ樹脂: 測定せず	成形不能につき測定せず					

【0155】上記各表に示すように、実施例1～17の希土類ボンド磁石は、離型性が良好で成形性、磁気特性（最大磁気エネルギー積）に優れ、また、いずれも空孔率が低く、機械的強度も高いものであることが確認された。さらに、これらの希土類ボンド磁石はいずれも形状が安定しており、寸法精度が高いものであった。

【0156】これに対し、比較例1の希土類ボンド磁石は、フッ素系樹脂粉末を添加しないものであるため、離型性が悪く、成形性に劣り機械的強度も低いものであ

り、また磁気特性も劣るものであった。

【0157】また、潤滑剤として金属石けんを添加した比較例2では、得られた磁石の機械的強度が、潤滑剤を添加しない比較例1に比べてさらに低いものとなり、さらに空孔率が高く磁気特性に劣るものであった。

【0158】比較例3では、潤滑剤としてシリコンオイルを用いたため、成形品にシリコンオイルのしみ出し現象が見られた。

50 【0159】また、比較例4は、フッ素系樹脂粉末を

有せず、また熱可塑性樹脂の添加量が多過ぎる希土類ボンド磁石用組成物を用いたため、成形品（磁石）は磁気特性および機械的強度に劣るものであった。

【0160】さらに、比較例5では、結合樹脂としてエポキシ樹脂（熱硬化性樹脂）を用い、その添加量が少な過ぎたため成形不能であった。

【0161】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、空孔率が低く、成形性、機械的特性に優れ、磁気特性に優*

*れた希土類ボンド磁石を提供することができる。特に、フッ素系樹脂粉末の潤滑作用により除材の際の離型性が格段に向上する。そのため、いわゆる型かじり等も防止され、寸法精度が高い。

【0162】また、圧縮成形により製造する場合、低い成形圧で、このような優れた特性の磁石を得ることができ、製造上有利となる。また、押出成形における材料の流動性、成形性の向上に寄与する。さらに、射出成形時における材料の流動性、成形性にも寄与する。

フロントページの続き

(72)発明者 井熊 健
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 5E040 AA03 AA04 AA19 BB04 BB06
CA01 HB05 HB07 NN04 NN06
NN14 NN17
5E062 CD05 CE02 CE03 CE04 CF09

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.